

JETri, Vol. 16, No. 1, Agustus 2018, Hlm. 29 - 38, P-ISSN 1412-0372, E-ISSN 2541-089X

ANALISIS ARC FLASH 6,3 KV PT HOLCIM INDONESIA TBK. BOGOR, JAWA BARAT

Juliansyah Kennedy Sugiharto dan Syamsir Abduh

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

Jalan Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta Barat 11440

E-mail: juliansyah.kennedy@gmail.com, syamsir@trisakti.ac.id

ABSTRACT

Protection system is a safety system on electrical equipment in case of interference. One of the electrical hazards is the arc flash. According to IEEE 1584-2002 arc flash is a blast of heat, hot gas, and liquid metal caused by short circuit interference on the equipment. There are 3 cases of arc flash that occurred in PT Holcim Indonesia Tbk. Bogor, West Java. The aim of this research is to find out the amount of arc flash energy in accordance with IEEE 1584-2002 standard, to know how much the energy, and also to classify Personal Protective Equipment (PPE) category for the workers according to NFPA 70E-2009 standard. This study was applied to the 5th mill finishing area at PT Holcim Indonesia Tbk. Bogor, West Java. The results showed on the area of the Finish Mill 5 the value of the energy incident is 16.92 cal/cm² on BUS MD-1, 1.39 cal/cm² on BUS RM-1, 1.35 cal/cm² on BUS FN-2, 2.17 cal/cm² on BUS TR-71, 1.41 cal/cm² on BUS TR-72, and 1.34 cal/cm² on BUS TR-73.

Keywords : arc flash, short circuit, interference, PPE

ABSTRAK

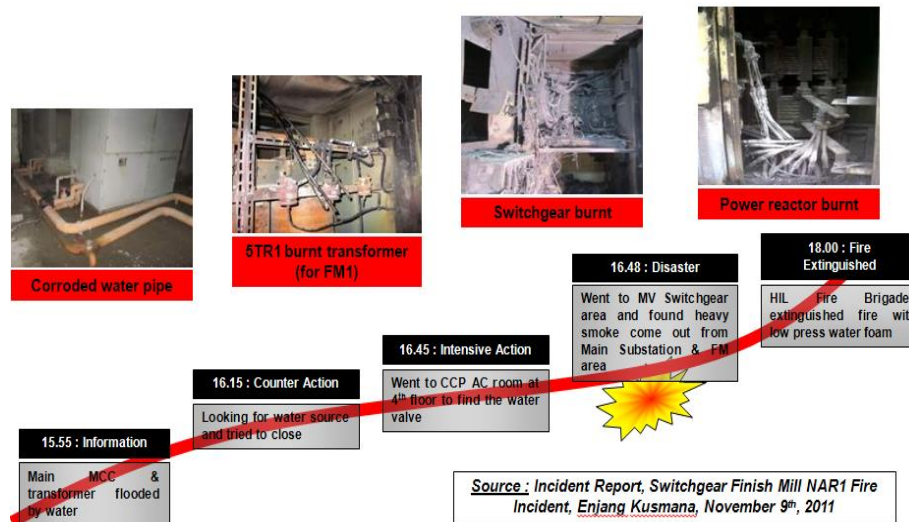
Sistem proteksi merupakan suatu sistem pengaman pada peralatan listrik jika terjadi gangguan. Salah satu bahaya listrik adalah arc flash. Menurut IEEE 1584-2002 arc flash merupakan ledakan panas, gas panas, dan logam cair yang diakibatkan oleh gangguan hubung singkat (short circuit) pada peralatan. Terdapat 3 kasus arc flash yang terjadi di PT Holcim Indonesia Tbk. Bogor, Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar energi arc flash yang sesuai dengan standar IEEE 1584-2002, untuk mengetahui besar energi serta mengklasifikasi kategori Personal Protective Equipment (PPE) bagi pekerja sesuai dengan standar NFPA 70E-2009. Studi ini diterapkan pada area Finish Mill 5 pada PT Holcim Indonesia Tbk. Bogor, Jawa Barat. Hasil penelitian menunjukkan pada area Finish Mill 5 nilai insiden energinya yaitu 16,92 kal/cm² pada BUS MD-1, 1,39 kal/cm² pada BUS RM-1, 1,35 kal/cm² pada BUS FN-2, 2,17 kal/cm² pada BUS TR-71, 1,41 kal/cm² pada BUS TR-72, dan 1,34 kal/cm² pada BUS TR-73.

Kata kunci : arc flash, hubung singkat, gangguan, PPE

1. PENDAHULUAN

Listrik adalah sumber energi yang sering digunakan sehari-hari. Banyak sekali manfaat yang bisa kita dapatkan dari sumber listrik, akan tetapi dibalik manfaat energi listrik tentu ada juga kerugiannya. Listrik sering disebut sebagai "*silent killer*" karena tidak bisa dicicipi, dilihat, didengar, atau dibaui. Karena telah menjadi bagian kehidupan sehari-hari yang akrab, kebanyakan orang tidak terlalu memikirkan bahaya yang akan terjadi dan terlalu mengandalkan sistem proteksi dari PLN. Hal tersebut tentu sangat fatal apalagi jika sistem listrik yang digunakan sangat kompleks. Banyak sekali gangguan listrik yang tidak dapat diprediksi dengan baik oleh PLN contohnya adalah *arc flash*. Definisi dari *arc flash* atau busur api adalah pelepasan energi panas yang sangat tinggi akibat adanya gangguan arus hubung singkat [1]. Standar NFPA 70E-2004 menetapkan fenomena *arc flash* sebagai kondisi yang berbahaya yang berhubungan dengan pelepasan energi yang disebabkan busur api. Energi akan dilepaskan melalui udara mengalir ke fase yang lain, netral, atau mengalir ke tanah. *Arc flash* merupakan fenomena percikan api yang timbul akibat adanya arus gangguan hubung singkat [2].

Contoh kejadian *arc flash* diperlihatkan pada Gambar 1 yang merupakan kronologi kejadian *arc flash* di area *finish mill* di PT Holcim Indonesia Narogong Plant yang disebabkan oleh air yang membanjiri area tersebut. Berdasarkan Gambar 1 terdapat 5 titik penjelasan kejadian *arc flash* akibat tergenangnya *switchgear* oleh air yang membuat pabrik mengalami *black out*. Pada jam 15.55 MCC utama dan juga *transformer* ditemukan tergenang air dan selanjutnya dilakukan tindakan mencari sumber genangan air pada jam 16.15. Pada jam 16.15 ditemukan pipa air yang sudah mengalami korosi sehingga tindakan yang dilakukan yaitu menutup keran air secara manual. Setelah itu pada jam 16.45 dilakukan tindakan mencari *water valve* guna menghambat aliran air. Selanjutnya pada jam 16.48 ditemukan terbakarnya *medium voltage switchgear*. Pada jam terakhir yaitu 18.00 dilakukan tindakan *preventive* dengan memadamkan asap yang keluar dari *switchgear* dengan *low press water foam*.



Gambar 1 Kronologi Kejadian Arc Flash Area Finish Mill di Narogong 1

Kasus *arc flash* yang pernah terjadi sebelumnya mengakibatkan pihak PT Holcim Indonesia Narogong Plant merugi jutaan *clinker* serta panel-panel *switchgear* yang rusak akibat insiden *arc flash*. Sebagai tindakan pencegahan diperlukan studi analisis tentang *arc flash* pada sistem kelistrikan tegangan menengah 6,3 kV di PT Holcim karena pada studi-studi sebelumnya belum ada yang menganalisis tentang bahaya *arc flash* dan mengklasifikasi kategori besar energi *arc flash* serta menentukan pakaian pelindung guna mereduksi bahaya *arc flash* sesuai dengan kategorinya di PT Holcim Indonesia Narogong Plant.

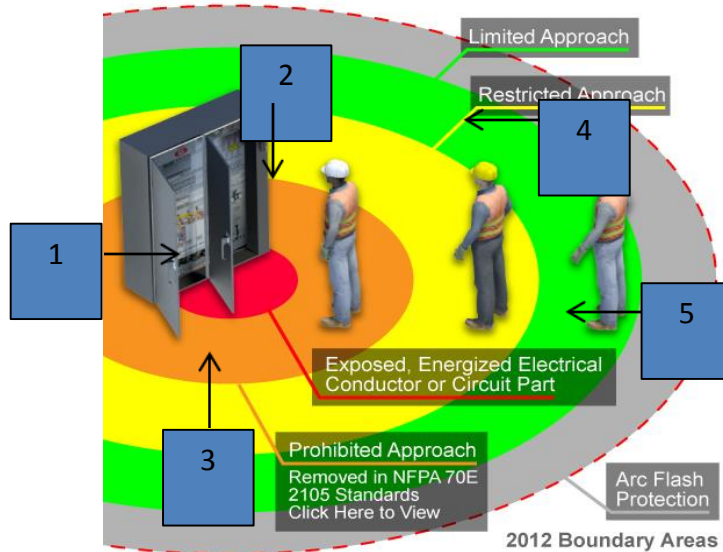
2. KAJIAN PUSTAKA

Penelitian ini berdasarkan pada penelitian yang telah dibuat sebelumnya oleh Yoga Firdaus, Margo Pujiantara, Arif Musthofa [3] dan juga buku yang berjudul "*Train-the-Trainers Guide to Electrical Safety For General Industry*" [4].

2.1 Busur Api Listrik (*Arc Flash*)

Definisi dari busur api (*arc flash*) adalah pelepasan energi panas yang sangat tinggi akibat adanya *arching fault* ataupun *bolted fault*. *Arching fault* sendiri

merupakan arus gangguan yang mengalir melalui udara antara konduktor dengan konduktor atau konduktor dengan tanah. Sedangkan *bolted fault* menggunakan perantara konduktor sebagai jalur arus gangguannya [1].



Gambar 2 Penentuan Jarak Aman Berdasarkan Lokasi Kejadian *Arc Flash*

Berikut ini adalah keterangan dari Gambar 2 :

- 1) menunjukkan lokasi kejadian *arc flash* pada panel *switchgear*;
- 2) jarak aman yang disarankan bagi pekerja dengan menggunakan pakaian pelindung level tertinggi dari lokasi kejadian *arc flash* dengan level energi tertinggi;
- 3) jarak aman yang disarankan bagi pekerja dengan menggunakan pakaian pelindung level menengah dari lokasi kejadian *arc flash* dengan level energi tertinggi;
- 4) jarak aman yang disarankan bagi pekerja dengan menggunakan pakaian pelindung level rendah dari lokasi kejadian *arc flash* dengan level energi tertinggi;
- 5) jarak yang dianjurkan bagi pekerja tanpa menggunakan pakaian pelindung.

2.2 Perhitungan Busur Api Listrik Menggunakan Standar IEEE 1584-2002

Pada perhitungan IEEE 1584-2002 yang harus diketahui pertama kali adalah nilai *arcing fault* agar dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Persamaan (1) digunakan untuk perhitungan *arcing fault* pada level tegangan di bawah 1 kV [5].

$$\log I_a = K + 0.662 \log I_{bf} + 0.0966 V + 0.000526 G + 0.5588 V (\log I_{bf}) - 0.00304 G (\log I_{bf}) \quad (1)$$

Persamaan (2) digunakan untuk perhitungan *arcing fault* pada level tegangan di atas 1 kV.

$$\log I_a = 0.00404 + 0.983 \log I_{bf} \quad (2)$$

dengan I_a adalah *arcing current* (kA), K adalah konstanta yang bernilai -0.153 untuk konfigurasi ruang terbuka dan -0.097 untuk konfigurasi dalam ruang, I_{bf} adalah *bolted fault current / short circuit current* (kA), V adalah tegangan sistem (kV), dan G adalah jarak antar konduktor (mm). Setelah didapat *arcing current* (I_a) selanjutnya mencari normal energi (E_n) dengan Persamaan (3).

$$\log E_n = K_1 + K_2 + 1,081 \log I_a + 0,0011G \quad (3)$$

dengan E_n adalah energi dalam J/cm^2 , K_1 bernilai -0,555 dalam ruang dan bernilai -0,792 pada ruang terbuka, K_2 bernilai 0 bila tidak ada pentanahan dan tahanan yang tinggi dan bernilai -0.113 untuk sistem pentanahan.

Setelah E_n didapatkan, untuk menghitung besar energi E digunakan Persamaan (4) [5].

$$E = 4.184 C_f . E_n . \left(\frac{t}{0.20} \right) . \left(\frac{610^x}{D^x} \right) \quad (4)$$

dengan E_n adalah energi dalam J/cm^2 , C_f adalah faktor kalkulasi yang bernilai 1,0 untuk tegangan lebih dari 1kV dan bernilai 1,5 untuk tegangan di bawah 1 kV, t adalah durasi busur api, x adalah jarak eksponen, dan D adalah jarak busur api ke pekerja.

Setelah didapat besar energi kemudian dilakukan penentuan level pakaian bagi pekerja sesuai standar NFPA 70 E – 2009 [6] yaitu

- 1) kategori 0: besar energi dari 0 -1,2 kal/cm²;
- 2) kategori 1: besar energi lebih dari 1,2 kal/cm² sampai 4 kal/cm²;
- 3) kategori 2: besar energi lebih dari 4 kal/cm² sampai 8 kal/cm²;

- 4) kategori 3: besar energi lebih dari 8 kal/cm² sampai 25 kal/cm²;
- 5) kategori 4: besar energi lebih dari 25 kal/cm² sampai 40 kal/cm².

3. METODE PENELITIAN

Tahapan perancangan sistem adalah sebagai berikut :

- 1) menganalisis energi *arc flash* yaitu melengkapi data sistem terkait panel *switchgear area finish mill* seperti diagram satu garis, panjang kabel, jenis kabel, besar beban sistem terkait (motor, transformator tenaga, bus, *relay* sistem dan jenis konduktor);
- 2) melakukan *input* data yang diperoleh termasuk *input* data dari hasil simulasi *short circuit* pada saat beban maksimum dari sumber PLN, motor, dan transformator ke program ETAP 12.6.0;
- 3) melakukan simulasi hubung singkat untuk mendapatkan arus hubung singkat dan *bus arching current* pada setiap bus area *Finish Mill 5* di program ETAP 12.6.0;
- 4) menggunakan arus gangguan beban untuk perhitungan Iset CT (*Current Transformer*) yang dihubungkan pada *relay overcurrent*;
- 5) melakukan *time setting relay* arus lebih (*over current relay*) dengan Persamaan (5).

$$I_{set} = 1,2 \times I_{nominal} \quad (5)$$

dimana untuk motor, nilai $I_{nominal}$ sesuai Persamaan (6)

$$I_{nominal} = FLA \times 920 \% \quad (6)$$

dan untuk trafo, $I_{nominal}$ sesuai Persamaan (7).

$$I_{nominal} = \frac{MVA}{\sqrt{3} \times kV} \quad (7)$$

- 6) melakukan simulasi *arc flash* dengan menggunakan data arus gangguan hubung singkat (I_a) dan *bolt fault current* (I_{bf}) dari koordinasi *over current relay* (OCR) di program ETAP 12.6.0;

- 7) apakah didapat besar energi *arc flash* pada sistem tegangan menengah dan jika didapat lanjut ketahap berikutnya tetapi jika tidak didapat maka lakukan simulasi ulang ke tahap 6;
- 8) menentukan jarak aman dan penggunaan PPE (*personal protective equipment*) sesuai energi *arc flash* yang didapat. Pada tahap ini perlu dilakukan perhitungan manual sebagai perbandingan dari hasil simulasi yang dilakukan. Pada tahap perhitungan manual dilakukan perhitungan besar energi *arc flash* berdasarkan arus gangguan hubung singkat yang didapat. Dari arus gangguan hubung singkat tersebut kemudian dicari besar nilai *arcing current* (I_a).

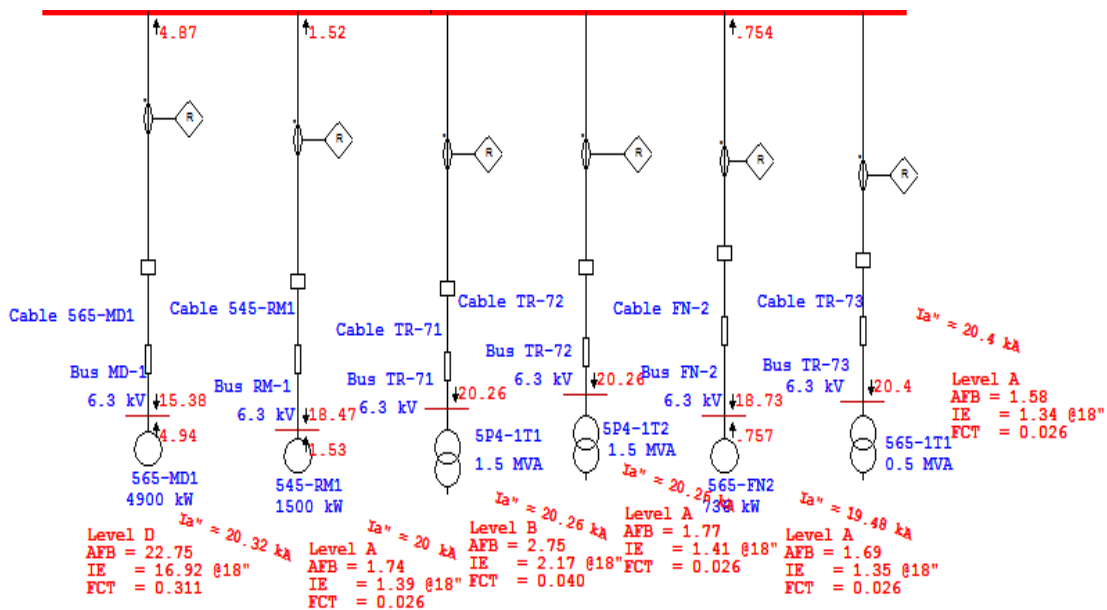
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Arc Flash pada Area Finish Mill 5 Sistem Tegangan 6,3 kV

Dengan dilakukannya koordinasi *over current relay* maka tahapan selanjutnya adalah melakukan simulasi *arc flash*. Dari hasil simulasi didapat nilai *incident energy arc flash* dan *category incident* serta durasi *arc flash (fault clearing time)* yang akan disesuaikan dengan *Personal Protective Equipment (PPE)* sesuai dengan standar NFPA 70E-2009. Tabel 1 menunjukkan hasil simulasi *incident energy arc flash* pada sistem *existing* pada area *Finish Mill 5* di setiap *bus*.

Tabel 1 Hasil Simulasi *Incident Energy Arc Flash* pada Area *Finish Mill 5*

<i>ID BUS</i>	<i>Arching Fault Current (kA)</i>	<i>Incident Energy (cal/cm²)</i>	<i>Hazard Risk Category</i>	<i>Flash Protection Boundary (ft)</i>
BUS MD-1	20,32	16,92	3	22,752
BUS RM-1	20,00	1,39	1	1,742
BUS FN-2	19,48	1,35	1	1,692
BUS TR-71	20,26	2,17	1	2,750
BUS TR-72	20,26	1,41	1	1,770
BUS TR-73	20,40	1,34	1	1,584



Gambar 3 Hasil Simulasi Arc Flash PT Holcim Indonesia Area Finish Mill 5

Dari Gambar 3 dapat dilihat besar energi *arc flash* yang didapat setelah dilakukan simulasi di ETAP 12.6.0 di masing-masing *bus* pada setiap beban.

Setelah dilakukan simulasi maka dilakukan perhitungan manual sesuai standar IEEE 1584-2002 guna mencocokkan hasil simulasi dengan perhitungan secara manual. Di sini dilakukan perhitungan manual terhadap sistem *existing* setelah dilakukan pengaman pada masing-masing tipikal *id bus*.

4.2 Arc Flash pada BUS 565-MD1 6,3 kV

$$I_{bf} = 21,21 \text{ kA}$$

$$FCT = 0,311 \text{ s}$$

$$D = 18 \text{ inch} = 457,2 \text{ mm}$$

Berdasarkan data tersebut, maka dicari besar *arcing fault* untuk tegangan diatas 1 kV:

$$\log I_a = 0,00404 + 0,983 \log 21,21$$

$$\log I_a = 0,00404 + 0,983 \times 1,32$$

$$\log I_a = 1,3080$$

$$I_a = 10^{1,3080}$$

$$I_a = 20,32 \text{ kA}$$

Mencari besar *normal energy* (E_n) :

$$\log E_n = -0,555 - 0,113 + 1,081 \log 20,32 + 0,0011 \times 153$$

$$\log E_n = 0,914165$$

$$E_n = 10^{0,914165}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan pada PT Holcim Indonesia Tbk. area *Finish Mill 5*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Electrical Room 7* area *Finish mill 5* yaitu 565-MD1, 545-RM1, TR-071, TR-072, 565-FN2, 565-TR73 telah memenuhi kategori *arc flash* yang ada dalam teori *arc flash* dan tidak ada satupun beban yang melebihi batas toleransi kategori 4.
2. Dari hasil analisis besar energi *arc flash* 565-MD1 yaitu 16,92 kal/cm², 545-RM1 yaitu 1,39 kal/cm², 565-FN2 yaitu 1,35 kal/cm², TR-071 yaitu 2,17 kal/cm², TR-072 yaitu 1,41 kal/cm², dan TR-073 yaitu 1,34 kal/cm².
3. Besarnya energi *arc flash* yang diperoleh dari analisis disesuaikan dengan level *Personal Protective Equipment (PPE)* sebagai alat perlindungan diri bagi para pekerja yang sedang bekerja di daerah tersebut dan juga untuk mereduksi dari bahaya energi *arc flash* di daerah tersebut.

SARAN

1. Meskipun dari hasil simulasi yang telah dilakukan besar energi *arc flash* pada area *Finish Mill 5* telah memenuhi batas aman level energi, karena tidak melebihi kategori 4 tetapi perlu diingat bahwa penyebab *arc flash* beraneka ragam seperti debu menumpuk, air yang masuk secara tidak sengaja, dan pemeliharaan yang buruk. Disarankan untuk tidak meremehkan bahaya *arc flash* dan juga menggunakan *personal protective equipment (PPE)* sesuai kategori mengingat bahaya ini sangat merugikan dan mengancam jiwa.

2. Penulisan kali ini hanya ditujukan pada *medium voltage* area *Finish Mill 5*, belum termasuk pada level tegangan *low voltage* (0,4 kV) dan juga *medium voltage Finish Mill 6* yang disarankan untuk pengembangan berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rey M. Sibayan, *Arc Flash Protection And Protection*. Lafarge Member Holcim Presentation [video]. Bogor . 2012.
- [2] NFPA 70E. “*Standard For Electrical Safety In The Workplace.*” NFPA 70E, 5 Mei 2017.
- [3] Yoga Firdaus, Margo Pujiantara, Arif Musthofa. “Penyederhanaan Analisa Bahaya Arc flash Menggunakan Kurva Batasan Energi Pada Bandara Internasional Juanda.” *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), hlm.1-6, 2016.
- [4] OSHA Regulations and Workplace Violations. “Train-the-Trainers Guide to Electrical Safety For General Industry.” Tersedia di : https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy07/sh-16615-07/train-the-trainer_manual_2.pdf [30 Des 2017].
- [5] Graphic Products Editorial Staff. “IEEE 1584 Arc Flash Calculations.” Tersedia di : <https://www.graphicproducts.com/articles/ieee-1584-arc-flash-calculations/>, 13 Oct 2015 [16 Jul 2017].
- [6] Palmer Hickman. (2009). “Understanding and Applying the NFPA 70E Tables.” hlm. 1-86. Tersedia di : <https://www.necanet.org/docs/default-source/2013-nspc-handoutssimplified-approach-to-the-nfpa70-etales-method.pdf?sfvrsn=2> [15 Juli 2018].